



11002 U.S. PRO  
10/060520



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 101 04 340.6

**Anmeldetag:** 01. Februar 2001

**Anmelder/Inhaber:** Goldschmidt AG, Essen, Ruhr/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Herstellung von Metallschaum und  
danach hergestellter Metallkörper

**IPC:** C 22 C, B 22 F, B 32 B

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 5. Dezember 2001  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

**Jerofsky**

G o l d s c h m i d t AG, Essen

Verfahren zur Herstellung von Metallschaum und danach  
hergestellter Metallkörper

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Metallschaum, insbesondere von Metallschaum aus Aluminiumwerkstoffen sowie einen nach diesem Verfahren hergestellten Metallkörper, zum Beispiel ein Bauteil aus einem solchen Aluminiumwerkstoff.

Es ist bekannt, Bauteile aus geschäumten metallischen Werkstoffen herzustellen. Diese zeichnen sich durch leichte Bauweise, Steifigkeit, Druckfestigkeit, verbesserte mechanische und akustische Dämpfung u. a. aus. So werden zum Beispiel Gießkerne aus Aluminiumschaum mit einem Aluminiumwerkstoff umgossen oder solche als Formteile in ein Bauteil eingelegt. Hülle und Kern bzw. Formteil werden getrennt hergestellt und anschließend miteinander verbunden. Dies hat neben dem hohen Fertigungsaufwand auch eine geringe Fertigungsqualität zur Folge.

Die Basis von schaumfähigen Aluminiumhalbzeugen ist verdüstetes Aluminiumpulver, welchem ein Treibmittel zugemischt wird. So wird zum Beispiel nach der DE-A-197 44 300 ein aus einer Pulvermischung gepresster Körper in einem beheizbaren, geschlossenen Gefäß auf Temperaturen oberhalb der Zersetzungstemperatur des Treibmittels und/oder der Schmelztemperatur des Metalls erwärmt.

Das Pulver wird verdichtet und das so entstandene Formteil wird in den auszuschäumenden Bereich eines Bauteils eingelegt und durch eine Erwärmung auf bis zu 650 °C geschäumt. Dabei kann

die „Hülle“ unzulässigen Verformungen unterliegen oder der Schäumvorgang erfolgt ungleichmäßig.

5 Möglich ist ebenso ein Sintern metallischer Hohlkugeln oder eine Infiltration von Metallschmelzen in Kerne bzw. Füllkörper, die nach Erstarrung der Schmelze entfernt werden.

10 Nach einem Verfahren gemäss der JP-A-03017236 werden metallische Artikel mit Hohlräumen dadurch erzeugt, dass Gase in einer Metallschmelze gelöst werden und der Aufschäumvorgang durch plötzliche Druckverringerung eingeleitet wird. Durch Abkühlen der Schmelze wird der Schaum stabilisiert.

15 Der Lehre der JP-A-09241780 folgend, wird metallischer Schaum unter kontrollierter Freisetzung von Treibgasen gewonnen, indem ein Metall zunächst bei Temperaturen unterhalb der Zersetzungstemperatur des verwendeten Treibmittels geschmolzen wird. Durch anschließendes Dispergieren des Treibmittels im geschmolzenen Metall und Erhitzen der Matrix über die dann zur Freisetzung von Treibgasen benötigte Temperatur etabliert sich ein Metallschaum.

20 Vorbekannt ist das Gießen von Metallteilen mit verlorenem Schaum gemäss EP-B-0 461 052. Die WO 92/21457 beschreibt die Herstellung von Aluminiumschaum dergestalt, dass Gas unter die Oberfläche eines geschmolzenen Metalls eingeblasen wird, wobei Abrasivstoffe als Stabilisatoren dienen.

30 Die EP-B-0 666 784 beschreibt ein Verfahren zum Formgießen eines mittels Teilchen stabilisierten Metallschaums, insbesondere eine Aluminiumlegierung, indem ein Verbund aus einer Metallmatrix und fein verteilten festen Stabilisierungsteilchen über die Solidustemperatur der Metallmatrix erwärmt wird, und Gasblasen in den geschmolzenen Metallverbund unterhalb dessen

Oberfläche abgelassen werden, um dadurch einen stabilisierten flüssigen Schaum an der Oberfläche des geschmolzenen Metallverbundes auszubilden. Kennzeichnend ist ein Formgießen des Metallschaumes durch Pressen des stabilisierten flüssigen Schaumes in eine Form und mit einem Druck, der nur ausreicht, dass der flüssige Schaum die Gestalt der Form annimmt, ohne dass die Zellen des Schaums wesentlich komprimiert werden und nachfolgendes Kühlen und Verfestigen des Schaums, um einen geformten Gegenstand zu erhalten. Der Schaum wird hierbei mittels einer beweglichen Platte in die Form gedrückt. Eine erste bewegliche Platte drückt den flüssigen Schaum in die Form und am geformten Schaumgegenstand wird eine glatte Oberfläche ausgebildet. Eine zweite bewegliche Platte wird in den Schaum innerhalb der Form gedrückt, um am Schaumgegenstand glatte Innenflächen auszubilden. Die Formgebung kann aber auch mittels Rollen erfolgen.

Ein weiteres Verfahren zur Herstellung von Formteilen aus Metallschaum lehrt die EP-A-0 804 982. Hierbei erfolgt das Aufschäumen in einer beheizbaren Kammer außerhalb einer Gussform, wobei das Volumen des in die Kammer eingebrachten pulvermetallurgischen Ausgangsmaterials für den Metallschaum in seiner mit der gesamten Schäumkapazität aufgeschäumten Phase dem Volumen einer Füllung der Gussform im Wesentlichen entspricht. Aller in der Kammer befindliche Metallschaum wird in die Gussform gedrückt, in der ein Aufschäumen mit der restlichen Schäumkapazität fortgesetzt wird, bis zum vollständigen Ausfüllen der Gussform. Die Gussform ist eine Sand- oder Keramikform, der Metallschaum wird als Halbzeug in die Kammer eingebracht und erst nach dem Aufschäumen zum Beispiel mittels eines Kolbens in die Gussform gedrückt. Beim Drücken des Schaumes in die Form wird dieser geschert. Die Form wird nicht mit einem Schaum von an sich gewollt inhomogener Struktur gefüllt.

Die DE-A-195 01 508 offenbart ein Verfahren zur Herstellung eines Hohlraumprofils mit reduziertem Gewicht und erhöhter Steifigkeit, zum Beispiel ein Bauteil für das Fahrwerk eines Kraftfahrzeuges. Dieses besteht aus Aluminiumdruckguss und in dessen Hohlräumen befindet sich ein Kern aus Aluminiumschaum. Der integrierte Schaumkern wird auf pulvermetallurgischem Weg hergestellt und anschließend an der Innenwand eines Gießwerkzeuges fixiert und mittels Druckgießverfahren mit Metall umgossen.

10

Das Lösen bzw. Einblasen von Treibgasen in Metallschmelzen ist nicht zur Herstellung endkonturnaher Bauteile geeignet, da ein System, bestehend aus Schmelze mit okkludierten Gasblasen nicht ausreichend zeitstabil ist, um in formgebenden Werkzeugen verarbeitet zu werden.

15

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein einfaches und für die Massenfertigung taugliches Verfahren zur Herstellung von Metallschaum bereit zu stellen, welches mit geringem Aufwand die Herstellung von endkonturnahen Metallkörpern gestattet.

20

Die Lösung der vorgenannten Aufgabe besteht in einer ersten Ausführungsform in einem Verfahren zur Herstellung von Metallschaum durch Zugabe eines Treibmittels zu einer Metallschmelze, das dadurch gekennzeichnet ist, dass man die Metallschmelze in einen Formhohlraum einbringt und mit einem gasabspaltenden, bei Raumtemperatur festen Treibmittel ausschäumt.

25

Überraschend wurde gefunden, dass sich insbesondere Leichtmetallschäume zum Beispiel aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen als Integralschäume, d. h. mit geschlossener Außenhaut gezielt als Gradientenwerkstoff und endkonturnah in einem Schritt durch einen Gießvorgang, zum Beispiel in einer handelsüblichen Druckgießmaschine herstellen lassen, beruhend auf der Verwen-

30

dung fester, gasabspaltender Treibmittel, zum Beispiel eines Metallhydrids, insbesondere eines Leichtmetallhydrids.

5 Beim Druckgießen im Sinne der vorliegenden Erfindung wird flüssiges oder breiiges Metall mit hohem Druck in eine Form gedrückt, die den Formhohlraum darstellt. Beim Warmkammer-Verfahren wird das Metall direkt aus dem Schmelzraum mit bis ca.  $10^7$  Pa in die Form gespritzt, beim erfindungsgemäß bevorzugten Kaltkammer-Verfahren, zum Beispiel für Werkstoffe aus Al- und  
10 Mg-Legierungen wird die Schmelze erst in eine kalte Zwischenkammer und von dort mit mehr als  $10^8$  Pa in die Form gepresst. Die Gießleistung des Warmkammer-Verfahrens ist höher, allerdings auch die Abnutzung der Anlage. Die Vorzüge des Druckgusses liegen in der guten Werkstoff-Festigkeit, der sauberen  
15 Oberfläche, der hohen Maßgenauigkeit, den geringen erforderlichen Waddicken, der Möglichkeit komplexer Gußstückgestaltung und der hohen Arbeitsgeschwindigkeit. Diese Vorteile können durch Unterdruck (Vakuum) in der Kokille weiter verbessert werden. Vorteilhaft einsetzbar sind hierbei am Markt erhältliche,  
20 echtzeitgeregelte Druckgießmaschinen.

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind die Metalle ausgewählt aus Nichteisenmetallen und Nichtedelmetallen, insbesondere ausgewählt aus Magnesium, Calcium,  
25 Aluminium, Silicium, Titan oder Zink sowie deren Legierungen. Andererseits sind aber auch Eisenmetalle und Edelmetalle mit Hilfe der vorliegenden Erfindung verschäumbar. Wenn im Sinne der vorliegenden Erfindung der Begriff Legierung verwendet wird, so ist dieser dahingehend zu verstehen, dass diese wenigstens 30 Gew.-% des genannten Metalls enthalten.  
30

Der erfindungsgemäß bevorzugte Verfahrensablauf umfasst das Einfüllen des erforderlichen Volumens an Metallschmelze in die Füll- bzw. Gießkammer und deren Einbringen in einen Formhohl-

raum unter Zugabe des Treibmittels zu der Metallschmelze. Metallschmelze und Treibmittel werden in einer bevorzugten Ausführungsform in dem Formhohlraum zusammengebracht, wobei die Form volumendefiniert mit dem Schmelze-Treibmittelgemisch gefüllt respektive unterfüllt wird.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird das Treibmittel nicht direkt in den Formhohlraum, sondern in einer Füll- oder Gießkammer mit der Metallschmelze in Kontakt gebracht und das Gemisch anschließend in den Formhohlraum eingebracht.

Das Einbringen des Treibmittels in die Füll- oder Gießkammer einerseits und/oder den Formhohlraum andererseits kann vor, während und/oder nach dem Einbringen der Metallschmelze in die jeweilige Kammer erfolgen. Von Bedeutung für die vorliegende Erfindung ist jedoch, dass die Ausschäumung bedingt durch die Gasabspaltung des Treibmittels im Wesentlichen erst im Formhohlraum erfolgt.

Das Ausschäumen selbst erfolgt in dem Formhohlraum, der eine geschlossene Form darstellt. Diese kann jedoch, wie beim Druckgießen oder dergleichen üblich über Steigkanäle zur Entlüftung verfügen. Danach erfolgt das Ausstoßen des im Wesentlichen geschäumten Metallkörpers.

In einer weiteren Ausgestaltung wird das Treibmittel direkt in der Füll- oder Gießkammer oder in der Formkavität zur Metallschmelze hinzugegeben, wobei jeweils in einem Arbeitsgang integral geschäumte Metallkörper hergestellt werden. Diese weisen eine glatte Oberfläche auf, deren Bildung gut reproduzierbar ist. Infolge der möglichen Sprühfüllung sind unterschiedliche Wandstärken gut einstellbar. Die Wandungen sind allseitig geschlossen, sauber, dicht und homogen. Eine Nachbehandlung ist in der Regel nicht erforderlich. Nach innen sind die herge-

stellten Metallkörper zunehmend porös und weisen einen Dichtegradienten auf.

5 Das Treibmittel sollte hinsichtlich seiner Zersetzungstemperatur auf die Schmelztemperatur des Gießwerkstoffes (Metallschmelze) abgestimmt sein. Die Zersetzung darf erst oberhalb von 100°C beginnen und sollte nicht höher als ca. 150 °C oberhalb der Schmelztemperatur sein.

10 Die Menge des einzusetzenden Treibmittels richtet sich nach den erforderlichen Gegebenheiten. Besonders bevorzugt im Sinne der vorliegenden Erfindung wird das Treibmittel in einer Menge von 0,1 bis 10 Gew.-%, insbesondere 0,2 bis 1 Gew.-%, bezogen auf die Metallschmelze eingesetzt.

15 Gasabspaltende, bei Raumtemperatur feste Treibmittel umfassen insbesondere Leichtmetallhydride, wie Magnesiumhydrid. Besonders bevorzugt im Sinne der vorliegenden Erfindung ist autokatalytisch hergestelltes Magnesiumhydrid, das beispielsweise unter der Bezeichnung TEGO Magnan® von der Anmelderin vertrieben wird. In gleicher Weise sind aber auch Titanhydrid, Carbonate, Hydrate und/oder leicht verdampfbare Stoffe einzusetzen, die auch im Stand der Technik bereits für die Verschäumung von Metallen eingesetzt worden sind.

25 Bezogen auf Vollmaterial kann der Metallanteil im hergestellten Metallkörper im Bereich von 5 bis 95 Vol.- oder Gew.-% liegen, in Abhängigkeit vom Volumen oder der Dicke des Metallkörpers, wobei ein niedrigeres Verhältnis Volumen zu Oberfläche für höhere Füllgrade spricht.

30

Die Erfindung wird nachfolgend in einem Ausführungsbeispiel näher beschrieben.



### Ausführungsbeispiel:

5 In einer handelsüblichen Druckgießmaschine sollte ein Fahrzeug-  
teil aus einem Aluminiumwerkstoff als integral geschäumter Me-  
tallkörper hergestellt werden. Hierzu wurde eine Gießkammer der  
Druckgießmaschine mit einer entsprechenden Menge an Metall-  
schmelze gefüllt. In die geschlossene Gießkammer wurde als  
Treibmittel Magnesiumhydrid in Pulverform dem flüssigen Metall  
10 zugegeben. Nahezu gleichzeitig begann ein schnelles Einschieben  
des Gemisches aus Treibmittel und Metallschmelze in dem Form-  
hohlraum. Der Formhohlraum wurde volumendefiniert unterfüllt.  
Durch die entstehenden Turbulenzen erfolgte eine gute Durchmi-  
schung in dem Formhohlraum und das Ausschäumen. Durch die  
15 Sprühfüllung erstarrte das Metall an den Formwänden und bildete  
eine dichte und homogene Wandung des Metallkörpers aus, wobei  
sowohl die Wandstärken als auch die Porösität und deren Gra-  
dient durch Variation von Verfahrensparametern einstellbar wa-  
ren.

20

Der „Schuss“ erfolgte vor der Schaumbildung; der Schäumungspro-  
zess lief in situ in dem Formhohlraum ab. Es wurde schnell in  
die kalte Form geschäumt. Das Bauteil wies eine Masse von nur  
ca. 40% gegenüber konventionellen Druckgießteilen auf.

25

Der gemäß dem Beispiel hergestellte Metallkörper aus einem  
Aluminiumwerkstoff wies zwar eine geringere Dichte als Magne-  
sium auf aber etwa dessen Verwindungssteifigkeit.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Herstellung von Metallschaum durch Zugabe eines Treibmittels zu einer Metallschmelze, dadurch gekennzeichnet, dass man die Metallschmelze in einen Formhohlraum einbringt und mit einem gasabspaltenden bei Raumtemperatur festen Treibmittel ausschäumt.  
5
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man den Formhohlraum volumendefiniert füllt oder unterfüllt und das Schäumen in einem nicht beheizten Formhohlraum erfolgt.  
10
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass man das Treibmittel in einer Füll- oder Gießkammer mit der Metallschmelze in Kontakt bringt und anschließend das Gemisch in den Formhohlraum einbringt.  
15
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass man das Treibmittel in den Formhohlraum einbringt.  
20
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass man das Treibmittel vor, nach und/oder während des Einbringens der Metallschmelze in den Formhohlraum in diesen einbringt.
- 25 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass man eine Metallschmelze aus Leichtmetall, insbesondere aus Aluminium- oder einer Aluminiumlegierung einsetzt.
- 30 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass man eine Metall-Druckgießmaschine einsetzt.
8. Metallkörper, hergestellt nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7.

9. Metallkörper nach Anspruch 7 mit einer allseitig geschlossenen Oberfläche und einer Hohlstruktur im Innern.

Zusammenfassung:

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Metallschaum und einen danach hergestellten Metallkörper.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt durch ein Verfahren zur Herstellung von Metallschaum durch Zugabe eines Treibmittels zu einer Metallschmelze, das dadurch gekennzeichnet ist, dass man die Metallschmelze in einen Formhohlraum einbringt und mit einem gasabspaltenden bei Raumtemperatur festen Treibmittel ausschäumt.